

referenced by 6,063,643

#sup  
JP 4 04259263 (A not needed)  
1/2

BSPR:

Japanese Unexamined Patent Publication No. Heisei 4-259263 discloses a visible LED employing InAlGaP. The disclosed conventional semiconductor light emitting element is fabricated by sequentially growing n-type clad layer formed of InGaAlP type material, active layer and p-type clad layer, on an n-type GaAs substrate to form a double heterostructure portion. A p-type intermediate band gap layer is formed on the double heterostructure portion, and a p-type contact layer is selectively formed on the intermediate band gap layer. The semiconductor light emitting element is consisted of an active layer formed with an ordered layer having natural super lattice, and the intermediate band gap layer is formed with a non-ordered layer, in which the natural super lattice is extinguished by Zn diffusion. By making the band gap of the intermediate band gap layer greater than the band gap of the active layer, the light from the light emitting region can be extracted without blocking by the electrode at the light extracting side. In the disclosed prior art, an additional layer of InGaP, band gap wider than the layer used in active region is used in order to avoid Zn diffusion into the active region. No additional layer for current spreading is used. As set forth above, this type of the visible LED with centrally located circular shaped electrode can not be used in the short distance data link system.

$$E_{g1} > E_{gact}$$

B in FPAS 3

(19) 日本特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-259263

(43) 公開日 平成4年(1992)9月14日

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>  
H01L 33/00
 試験記号 庁内整理番号  
 B 8934-4M  
 A 8934-4M

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数1(全5頁)

(21) 出願番号 特願平3-21153

(22) 出願日 平成3年(1991)2月14日

(71) 出願人 000003075

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 新田 康一

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝総合研究所内

(72) 発明者 菅原 秀人

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝総合研究所内

(72) 発明者 板谷 和彦

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝総合研究所内

(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦

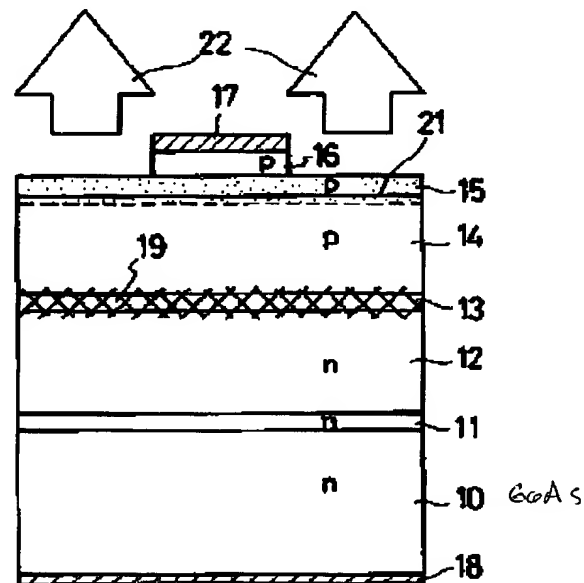
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体発光素子

(57) 【要約】

【目的】 InGaAlP系材料を用いた半導体発光素子において、発光領域からの光を光取り出し側の電極で遮ることなく取り出すことができ、光取り出し効率の向上をはかることを目的とする。

【構成】 n型GaAs基板10上に、InGaAlP系材料からなるn型クラッド層12、活性層13及びp型クラッド層14を順次成長してダブルヘテロ構造部を形成し、このダブルヘテロ構造部上にp型中間バンドギャップ層15を形成し、この中間バンドギャップ層15上にp型コンタクト層16を選択的に形成した半導体発光素子において、活性層13を自然超格子を有する秩序化層で形成し、中間バンドギャップ層15を2n拡散による自然超格子の消滅した無秩序化層で形成し、中間バンドギャップ層15のバンドギャップを活性層13のバンドギャップより大きくしたことを特徴とする。



(2)

特開平4-259263

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板と、この基板上にInGaAlP系材料からなる活性層をクラッド層で挟んで形成されたダブルヘテロ構造部と、このダブルヘテロ構造部に中間バンドギャップ層を介して形成されたコンタクト層とを具備し、前記活性層は自然超格子が形成された秩序化層であり、前記中間バンドギャップ層は不純物拡散により自然超格子の消滅した無秩序化層であり、前記中間バンドギャップ層のバンドギャップを前記活性層のバンドギャップより大きくしたことを特徴とする半導体発光素子。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、半導体発光素子に係わり、特にInGaAlP系材料を用いた半導体発光素子に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、各種の化合物半導体材料を用いた発光ダイオードが研究されている。この中で、InGaAlP系材料を用いた発光ダイオードは、580nm（黄色）～690nm（赤色）の範囲で直接遷移による発光が得られるため、効率の高い光源として期待されている。

【0003】 この種の発光ダイオードの例として、図3に示す構造が知られている。即ち、n-GaAs基板30上にn-GaAsバッファ層31、n-InGaAlPクラッド層32、アンドープInGaP活性層33及びp-InGaAlPクラッド層34が形成され、この上の一部にp-InGaP中間バンドギャップ層35及びp-GaAsコンタクト層36が形成されている。そして、コンタクト層36上にp側電極37が形成され、基板30の下面にn側電極38が形成されている。

【0004】 ところで、図3のような構成においては、活性層33に十分にキャリアを閉じ込め、高い発光効率を得るにはクラッド層32、34のA1組成を大きくしなければならない。しかし、pクラッド層34においては一般に、A1組成を大きくするとキャリア濃度を大きくすることはできず、図3の構成ではpクラッド層34のキャリア濃度は低いものとなる。このため、電極37から中に注入された電流はpクラッド層34では殆ど広がることなく活性層33に注入されることになり、発光領域は活性層33の電極37の直下に位置する領域39のみとなる。従って、上面方向に光を取り出す場合、電極37が光を遮ることになり、これが光の取り出し効率を低下させる要因となっていた。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 このように従来、ダブルヘテロ構造における基板と反対側のpクラッド層のキャリア濃度が低いため、光取り出し側の電極から注入された電流が殆ど広がることなく活性層に注入され、電極

2

直下が発光領域となる。このため、光取り出し側の電極が発光領域からの光を遮ることになり、これが光取り出し効率を低下させる要因となっていた。

【0006】 本発明は、上記事情を考慮してなされたもので、その目的とするところは、発光領域からの光を光取り出し側の電極で遮ることなく取り出すことができ、光取り出し効率の向上をはかり得る半導体発光素子を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明の骨子は、クラッド層とコンタクト層の中間バンドギャップを有する中間バンドギャップ層の原子配列を無秩序化することで、秩序状態の活性層のバンドギャップより大きなバンドギャップを構成し、これにより光取り出し効率の向上をはかることにある。

【0008】 即ち本発明は、半導体基板上にInGaAlP系材料からなる活性層をクラッド層で挟んだダブルヘテロ構造部を形成し、このダブルヘテロ構造部に中間バンドギャップ層を介してコンタクト層を形成した半導体発光素子において、活性層を自然超格子が形成された秩序化層で形成し、中間バンドギャップ層を不純物拡散により自然超格子の消滅した無秩序化層で形成し、この中間バンドギャップ層のバンドギャップを活性層のバンドギャップより大きくしたことを特徴としている。

【0009】 また、本発明の望ましい実施態様としては、基板をn型のGaAsとし、p型の中間バンドギャップ層をダブルヘテロ構造部上の全面に形成し、さらにp型のコンタクト層を中間バンドギャップ層上に選択的に形成することを特徴としている。

【0010】

【作用】 本発明によれば、光り取り出し側に位置する中間バンドギャップ層をダブルヘテロ構造部上の全面に形成し、不純物（例えばA1）の拡散による高濃度不純物層としているので、中間バンドギャップ層における電流の拡がりが増大させ、活性層の発光領域を十分に広げることができる。

【0011】 また、活性層を自然超格子の形成された秩序化層とし、中間バンドギャップ層を自然超格子の消滅した無秩序化層としているので、光取り出し側に形成された中間バンドギャップ層のバンドギャップを、秩序化状態の活性層のバンドギャップよりも大きくすることができる。従って、活性層からの光を中間バンドギャップ層の吸収を受けることなく取り出すことができ、光取り出し効率の向上をはかることが可能となる。

【0012】

【実施例】 以下、本発明の実施例を図面を参照して説明する。

【0013】 図1は、本発明の第1の実施例に係わる半導体発光素子の概略構成を示す断面図である。図中10はn-GaAs基板であり、この基板10上には

(3)

特開平4-259263

3

n-GaAsバッファ層11, n-In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>)<sub>0.5</sub>Pクラッド層12, In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>)<sub>0.5</sub>P活性層13, p-In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>)<sub>0.5</sub>Pクラッド層14及びp-In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>)<sub>0.5</sub>P中間バンドギャップ層15が成長形成されている。

【0014】ここで、活性層13は自然超格子が形成された秩序化層であり、中間バンドギャップ層15は自然超格子が消滅した無秩序化層である。この無秩序化層における無秩序化の程度は、基板側よりも出射端側で大きくなるほうが望ましい。また、InGaAlPのAl組成は、 $0.6 \leq X1 \leq 1$ ,  $0 \leq X2 < X1$ ,  $0 \leq X3 < X1$ の範囲であればよく、本実施例では $X1=0.6$ ,  $X2=X3=0$ とした。活性層13のAl組成により、 $X2=0$ の赤色から $X2=0.5$ の緑色までの発光が得られる。

【0015】中間バンドギャップ層15の上には、p-GaAsコンタクト層16が円形に形成されている。そして、コンタクト層16上にp側電極17が形成され、基板10の裏面にn側電極18が形成されている。なお、図中19は発光領域、21はp型不純物が拡散され、自然超格子が無秩序化した領域、22は外部出力光を示している。

【0016】次に、上記実施例素子の製造方法について説明する。まず、表面が(100)の面方位のn-GaAs基板10上に、MOCVD法で各層11~16を順次成長形成する。このときの成長条件は、活性層13及び中間バンドギャップ層15に自然超格子が形成される条件とした。この条件としては、成長温度690~820℃、V/III比(PH<sub>3</sub>とIII族原料のモル比)200~400、成長速度3μm/hである。

【0017】p型中間バンドギャップ層15を成長する際には、p型不純物(例えばZn)を十分に導入し、中間バンドギャップ層15の自然超格子を消滅させるようにした。この自然超格子を消滅させるために必要なp型不純物の濃度は、 $6 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3} \sim 1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ である。また、中間バンドギャップ層15の厚さは5~20nmとした。

【0018】次いで、コンタクト層16上にp側電極17を形成し、基板10の下面にn側電極18を形成し、電極17及びコンタクト層16を円形に残すように選択的エッチングすることにより、前記図1に示す構造が得られる。

【0019】このような構成であれば、電極17から注入された電流はp型不純物(Zn)が拡散された中間バンドギャップ層15の高濃度領域21で横方向に拡がり、pクラッド層14に流れるため、発光領域19が活性層全域に拡がることになる。さらに、光取り出し側に形成された無秩序化層からなる中間バンドギャップ層15のバンドギャップは、秩序化状態の活性層13のバンドギャップより大きくなる。このため、発光領域19が

4

ら光は、中間バンドギャップ層15の吸収を受けることなく取り出すことになり、光取り出し効率を飛躍的に向上させることができる。

【0020】本発明者らの実験によれば、図1の構成で中間バンドギャップ層15のZnの濃度を $6 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上とした場合、80%に近い発光効率が得られた。なお、Znを拡散しない従来構造では30%程度であった。

【0021】また、本実施例では中間バンドギャップ層15をpクラッド層14上の全面に設け、この中間バンドギャップ層15にZn拡散による無秩序化を行っている。次のような利点がある。Znの拡散速度はAlの組成比が小さいほど速く、InGaP層とInGaAlP層では大きく異なる。一般には、InGaAlP層よりもInGaP層の方が拡散速度は5倍程度速い。

【0022】従って、前記図3に示す従来構造でp-InGaAlPクラッド層にZnを拡散した場合、クラッド層に十分に拡散させるとInGaP活性層にもZnが拡散してしまう。これに対し本実施例のように、p-InGaAlPクラッド層14上のp-InGaP中間バンドギャップ層15にZnを拡散した場合、中間バンドギャップ層15に十分に拡散させても、クラッド層にはZnは殆ど拡散せず、従って活性層13にZnが拡散される等の不都合はない。つまり、本実施例のようにすれば、Zn拡散の制御性が容易である。

【0023】図2は本発明の第2の実施例を示す概略構成図である。図2において、(a)は上面図、(b)は(a)の矢視A-A'断面図である。なお、図1と同一部分には同一符号を付して、その詳しい説明は省略する。

【0024】この実施例は、図1に示す素子を1つの基板上に複数個形成したものである。即ち、第1の実施例と同様にして基板10上に各層11~16を成長形成し、さらに電極17、18を形成した後、電極17、コンタクト層16及び中間バンドギャップ層15を分離溝25により電気的に分離することにより、複数の発光素子を形成している。ここで、コンタクト層16及び電極17は、先の実施例とは逆に個々の素子において中央部に円形の窓が形成されている。

【0025】このような構成であれば、先の実施例と同様に、中間バンドギャップ層15により電流を広げ、活性層13における発光領域を広げることができる。また、コンタクト層16が個々の発光素子の光を吸収して光分離領域として働き、さらにpクラッド層14は抵抗が大きいため、高濃度領域21から注入された電流はpクラッド層14では広がることなく流れる。このため、発光領域19を電極直下以外に広げると共に、発光領域19の分離が可能となる。

【0026】なお、本発明は上述した各実施例に限定されるものではない。実施例では基板の上面を(100)

(4)

特開平4-259263

5

としたが、成長主面が{100}面から{011}方向に $15^\circ$ 以内に傾斜した基板であればよい。バッファ層は、GaAsに限らずInGaP, GaAlAs, InGaAlPなどでもよい。クラッド層は、InGaAlP単独に限らずInGaAlP層とGaAlAsの2層からなってもよい。中間バンドギャップ層は、クラッド層よりもAl組成の少ない

InGaAlP, 又はGaAlAs, InGaPでもよい。活性層はアンドープに限らず、p型若しくはn型であってもよい。また、p側電極の形状は、円形に限るものではなく多角形でもよい。さらに、発光ダイオードだけでなく、半導体レーザ、例えば電流注入方向と光出射方向が同一の面発光型レーザにも本発明を適用でき、この際には出射端面の半導体層を無秩序化層にすればよい。その他、本発明の主旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施することができる。

【0027】

【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、クラッド層とコンタクト層の中間バンドギャップを有する中間バンドギャップ層の原子配列を無秩序化することで、中間バンドギャップ層に秩序状態の活性層のバンド

6

ギャップより大きなバンドギャップを形成している。従って、発光領域からの光を光取り出し側の電極で遮ることなく取り出すことができ、光取り出し効率の向上をはかることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例に係わる半導体発光素子の概略構成を示す断面図。

【図2】本発明の第2の実施例の概略構成を示す平面図及び断面図。

【図3】従来の半導体発光素子の概略構成を示す断面図。

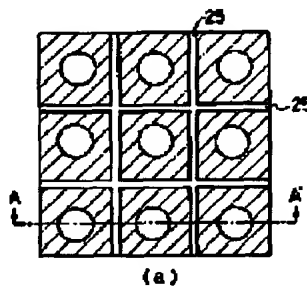
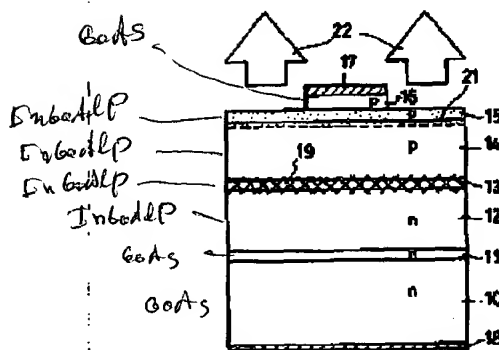
【符号の説明】

10...n-GaAs基板、11...n-GaAsバッファ層、12...n-InGaAlPクラッド層、13...InGaAlP活性層、14...n-InGaAlPクラッド層、15...p-InGaAlP中間バンドギャップ層、16...p-GaAsコンタクト層、17...n側電極、18...p側電極、19...発光領域、21...不純物が拡散された高濃度領域、22...外部出射光、26...素子分離溝。

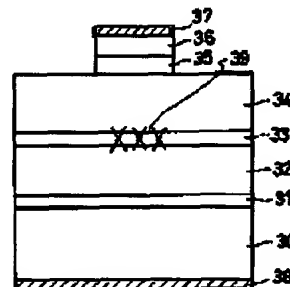
【図1】

【図2】

【図3】



(a)



(b)

(5)

特開平4-259263

フロントページの続き

(72)発明者 波多腰 玄一

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
式会社東芝総合研究所内